

DELPHION

No active tr.

Select OR

**RESEARCH****PRODUCTS****INSIDE DELPHION**

Log Out

Work Files

Saved Searches

My Account

Search: Quick/Number Boolean Advanced Der

Derwent Record

Em

View: [Expand Details](#) Go to: [Delphion Integrated View](#)Tools: Add to Work File: [Create new Wor](#)

Derwent Title: **Fresh and recycled air volume control method for air-conditioning unit for automobile passenger space regulates ratio of fresh and recycled air volumes in dependence on detected air quality and required air temperature**

Original Title: ☒ **DE19847504C1: Verfahren zur Steuerung der Luftvolumenströme in einer raumluftechnischen Anlage**

Assignee: **DEUT BAHN AG Non-standard company**

Inventor: **HUMPSCH W;**

Accession/ **2000-648028 / 200063**

Update:

IPC Code: **F24F 11/00 ; F24F 11/053 ;**

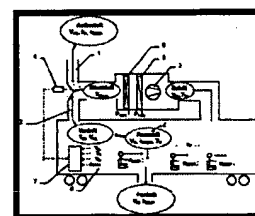
Derwent Classes: **Q74; T06; X22;**

Manual Codes: **T06-B08(Ratio) , X22-J02E(Air conditioners)**

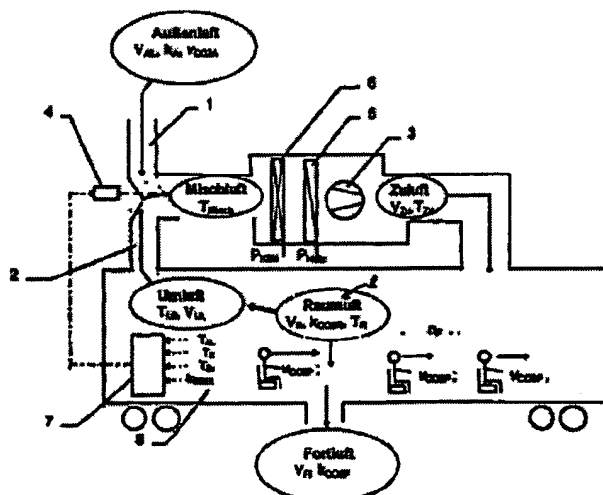
Derwent Abstract: (**DE19847504C**) **Novelty** - The air volume control method calculates a minimum fresh air volume in dependence on a limit value for the concentration of exhaust gases in the passenger space and calculates the temperature of the air to be supplied to the passenger space in dependence on the difference between the actual and the required air temperature, to determine the heating requirement, used for regulating the volumetric ratio of fresh air and recycled air.

Use - The control method is used for an air-conditioning unit used for maintaining the required air quality and air temperature within an automobile passenger space.

Advantage - The method provides the required air temperature and ensures the minimum air quality within the passenger space with the optimum use of energy.



Images:



Description of Drawing(s) - The figure shows a schematic representation of an automobile provided with an air-conditioning unit.

Dwg.1/4

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Family: PDF Patent Pub. Date Derwent Update Pages Language IPC Code
☒ **DE19847504C1** * 2000-11-16 200063 14 German F24F 11/00
 Local appls.: DE1998001047504 Filed:1998-10-15 (98DE-1047504)

INPADOC Legal Status: [Show legal status actions](#)

First Claim: [Show all claims](#)
 1. Verfahren zur Steuerung von Außenluft- und Umluftvolumenstrom in einer raumlufttechnischen Anlage für die Temperierung eines Raumes, insbesondere in einem Fahrzeug zur Personenbeförderung, wobei Außenluft- und Umluftvolumenstrom einen Zuluftvolumenstrom bilden, bei dem

- a) ein Mindestaußenluftvolumenstrom $V_{A\text{Min}}$ ermittelt wird, der zugeführt werden muß, um einen Grenzwert der Konzentration eines Schadgases in der Luft des Raumes einzuhalten,
- b) der zur Angleichung der Raumlufthtemperatur T_R an eine Solltemperatur $T_{R\text{soll}}$ erforderliche Leistungsbedarf P_R anhand der Istwerte des Zuluftvolumenstroms $V_{Z\text{ulst}}$ sowie der Differenz zwischen Raumtemperatur $T_{R\text{ist}}$ und Zulufttemperatur $T_{Z\text{ulst}}$ ermittelt wird,
- c) der zur Erzielung der Solltemperatur durch Zufuhr von Außenluft erforderliche Außenluftvolumenstrom $V_{A\text{il}}$ anhand des Leistungsbedarfs P_R , der Solltemperatur $T_{R\text{soll}}$ und der Außenlufttemperatur $T_{A\text{i}}$ ermittelt wird, und
- d) wenn der erforderliche Leistungsbedarf ein Heizbedarf ist und die Außenlufttemperatur $T_{A\text{i}}$ über der Raumlufthtemperatur liegt, oder wenn der erforderliche Leistungsbedarf ein Kühlbedarf ist und die Außenlufttemperatur $T_{A\text{i}}$ unter der Raumlufthtemperatur liegt,
 - 1. wenn der erforderliche Außenluftvolumenstrom $V_{A\text{il}}$ kleiner als die maximal mögliche Förderkapazität und größer als der Mindestaußenluftvolumenstrom $V_{A\text{Min}}$ ist, dieser erforderliche Außenluftvolumenstrom $V_{A\text{il}}$ zugeführt wird, und daß
 - 2. wenn der erforderliche Außenluftvolumenstrom $V_{A\text{il}}$ kleiner als der Mindestaußenluftvolumenstrom ist, zumindest der Mindestaußenluftvolumenstrom zugeführt wird.

Priority Number:

Application Number	Filed	Original Title
DE1998001047504	1998-10-15	

Title Terms: FRESH RECYCLE AIR VOLUME CONTROL METHOD AIR CONDITION UNIT
 AUTOMOBILE PASSENGER SPACE REGULATE RATIO FRESH RECYCLE AIR
 VOLUME DEPEND DETECT AIR QUALITY REQUIRE AIR TEMPERATURE

Pricing [Current charges](#)

Derwent Searches: [Boolean](#) | [Accession/Number](#) | [Advanced](#)

Data copyright Thomson Derwent 2003



Copyright © 1997-2006 The Tho

[Subscriptions](#) | [Web Seminars](#) | [Privacy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Site Map](#) | [Contact U](#)

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 198 47 504 C 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
F 24 F 11/00
F 24 F 11/053

②1 Aktenzeichen: 198 47 504.7-34
②2 Anmeldetag: 15. 10. 1998
④3 Offenlegungstag: –
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16. 11. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
Deutsche Bahn AG, 10365 Berlin, DE

⑦2 Erfinder:
Humpsch, Wolfgang, 49453 Rehden, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 35 09 621 C2
EP 07 93 822 B1
EP 07 13 454 B1
EP 08 27 889 A3

BORK, P.: Energieeinsparungen bei Lüftungs- und
Klimaanlagen mit Hilfe verbesserter
Automatisierungs-Konzepte, in:
Automatisierungstechnische Praxis atp, 1986,
Jg. 28, Heft 4, S. 184-190;
KNAU, Udo: Klimaanlage der Mittelwagen des ICE
der Deutschen Bundesbahn, in: Ki Klima-Kälte-
Heizung, 1990, Nr. 6, S. 270-273;
Recknagel, SPRENGER, E.: Taschenbuch für
Heizung
und Klimatechnik, München (u.a.): R. Oldenbourg,
1981, S. 41-55;

⑤4 Verfahren zur Steuerung der Luftvolumenströme in einer raumluftechnischen Anlage

⑤7 Die Erfindung beschreibt ein Verfahren, nach dem in ei-
ner raumluftechnischen Anlage in Fahrzeugen zur Perso-
nenbeförderung durch kontinuierliche Bestimmung von
Raumlufqualität, thermischer Raumlast und dem Ver-
hältnis der Raumtemperatur zur Außenlufttemperatur,
abhängig von diesen Werten, das Fördervolumen, der
Außenluftanteil und die Temperatur der Zugluft so ge-
steuert werden, daß im Innenraum stets ein vorgegebe-
ner Raumlufzustand, der definiert ist durch den maxima-
len Gehalt eines Schadgases in der Raumluf und die
Raumtemperatur, mit dem geringstmöglichen Energie-
einsatz, gewährleistet ist.

DE 198 47 504 C 1

DE 198 47 504 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung von Außenluft und Umluftvolumenstrom in einer raumluftechnischen Anlage für die Temperierung eines Raumes, insbesondere in einem Fahrzeug zur Personenbeförderung.

5 Aus wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten ist es wünschenswert, derartige Anlagen mit einem möglichst geringen Leistungseinsatz betreiben zu können.

In dem Aufsatz von P. Bork, Energieeinsparung mit Hilfe verbesserter Automatisierungskonzepte, in Automatisierungstechnische Praxis atp, 1986, Jg. 28, Heft 4, Seiten 184-190 sind eine Klimaanlage, die sowohl Temperatur als auch Luftfeuchtigkeit regelt, und energiesparende Fahrweisen für eine solche Anlage beschrieben.

10 Aus hygienischen Gründen soll hier ein Mindestaußenluftanteil im Zuluftvolumenstrom enthalten sein.

Es werden allerdings nur qualitative Regeln für den Betrieb einzelner Elemente der Anlage wie etwa Mischkammer, Vorwärmer, Kühler, Befeuchter etc. angegeben. Konkrete Angaben, die es erlauben, einen Außenluftvolumenstrom oder einen Leistungbedarf für bestimmte Einsatzbedingungen zu berechnen, sind nicht vorhanden. Insbesondere wird die Mischkammer nur in zwei Zuständen, m_{AVmin} bzw. m_{AVmax} , betrieben.

15 In dem Aufsatz von U. Knau, Klimaanlage der Mittelwagen des ICE der Deutschen Bundesbahn, erschienen in Ki Klima-Kälte-Heizung 6/1990, Seiten 270-273 ist ein Betriebsverfahren bekannt, bei dem ein Außenluftvolumenstrom fest vorgegeben ist und als Energieträger zum Heizen und Kühlen dient.

Aus DE 35 09 621 ist eine raumluftechnische Anlage mit variablen Volumenströmen und ein Betriebsverfahren dafür bekannt.

20 Die Anlage ist eine Zweikanalanlage mit einem Kaltluftkanal, in den Frischluft über ein Klimagerät eingespeist wird, und einem Warmluftkanal, der erwärmte Umluft führt.

Bisher sind in Fahrzeugen folgende Verfahren zur Steuerung der Anlagen gebräuchlich:

25 1. Es wird konstant der Außenluftanteil gefördert, der entsprechend Auslegung der Anlage für die maximale Personenanzahl im Raum erforderlich ist.

2. Der Außenluftanteil wird in Stufen der Besetzung angepaßt, ohne Berücksichtigung des Verhältnisses Außen-/Raumtemperatur.

30 3. Unabhängig vom Verhältnis Außen-/Raumtemperatur wird der Zuluftvolumenstrom nach der Regelabweichung Raumtemperatur Soll-/Istwert eingestellt, ohne Bewertung der Besetzung bezüglich Raumlufqualität. Beispiele dafür sind in den Patentschriften EP 0793 822 B1 und EP 0827 889 A3 beschrieben.

4. Die Konzentration von Gasen in der Außenluft wird gemessen und wenn erhöhte Konzentration eines bestimmten Zielgases auftritt, wird die Zufuhr von Außenluft unterbrochen oder diese zusätzlich über spezielle Filter geleitet. Dargelegt ist dieses in EP 0713 454 B1.

35 All diese Verfahren nutzen nicht komplex die beiden Möglichkeiten

– Berücksichtigung der Personenzahl bzw. Raumlufqualität,

40 – Konsequente Ausnutzung des Energiegehaltes der Außenluft für die Temperierung des Raumes bei bestimmten Teillastbedingungen (keine Vollbesetzung, Außentemperatur 10...20°C), wie sie in Mitteleuropa zu einem Großteil der Betriebszeit herrschen,

für einen energetisch optimierten Betrieb der Anlagen.

Aufgabe der Erfindung ist, ein Steuerverfahren für eine raumluftechnische Anlage zu schaffen, das einen Betrieb mit geringem Energieaufwand ohne Einbuße an Komfort erlaubt.

45 Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1.

Unteransprüche sind auf bevorzugte Ausgestaltungen gerichtet.

Ausführungsbeispiele werden nachfolgend mit Bezug auf die beigelegten Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Fahrzeugs mit einer raumluftechnischen Anlage zur Durchführung des Verfahrens;

50 **Fig. 2** den Zuluftvolumenstrom als Funktion der Zulufttemperatur gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren;

Fig. 3.1 die erforderliche Leistung der Anlage als Funktion des Verhältnisses von Außenluft zu Zuluftvolumenstrom

Fig. 3.2 die thermische Leistung der Anlage als Funktion von Außentemperatur und Raumlast für diverse Werte des Außenluft-/Zuluft-Volumenverhältnisses; und

Fig. 4 ein Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

55 Grundlage für die Anwendung des Verfahrens bildet ein Luftbehandlungsgerät, welches für die Realisierung des Verfahrens folgende, in **Fig. 1** gezeigte, Einheiten enthält:

– Außenluftzuführung (1)

– Umluftzuführung (2)

60 – Zuluftförderung (3)

– Organ zur Einstellung der Luftvolumenströme (4)

– Heizregister (5)

– Kühlregister (optional) (6)

– Regeleinrichtung (7)

65 – Einrichtungen zur Erfassung folgender Größen: (8)

Außentemperatur

Raumluftemperatur

Zulufttemperatur

Besetzung, d. h. Anzahl der Personen im Raum oder CO₂ Konzentration in der Raumluft

Die Anlage mit Luft als Energieträger muß die zur Temperierung des Innenraumes erforderliche Luftmenge mit der entsprechenden Temperatur und Qualität bereitstellen.

Nachfolgend werden die grundsätzlichen Zusammenhänge dargestellt und daraus das erfindungsgemäße Verfahren, welches durch Steuerung der Luftvolumenströme die genannten Aufgaben mit geringstmöglichem Energieeinsatz erfüllt, abgeleitet. 5

Entsprechend der Besetzung des Fahrzeuges ist zur Sicherstellung einer akzeptablen Raumluftqualität ein bestimmtes Fördervolumen an Außenluft erforderlich. Zusätzlich kann Umluft aus dem Innenraum entnommen werden. Beide Volumenströme werden gemischt, behandelt und als Zuluft dem Innenraum zugeführt. Diese dient als Energieträger. Entsprechend des Leistungsbedarfes müssen ihre Temperatur und das Fördervolumen in einem bestimmten Verhältnis stehen. 10

Der Zustand der Raumluft gibt den Bedarf für die Behandlung der Zuluft an:

- Gehalt an Schadgas - über Grenzwert: hoher Außenluftanteil notwendig
 - unter Grenzwert: geringer Außenluftanteil möglich
 - Temperatur - über dem Sollwert: Kühlbedarf
 - unter dem Sollwert: Heizbedarf
- 15

Der erforderliche Zustand und die Zusammensetzung der Zuluft werden gemäß dem Verfahren, welches Inhalt der Erfindung ist, nach den zwei Kriterien Raumluftqualität und thermische Last bestimmt. 20

Kriterium 1

Die Raumluftqualität ergibt sich aus der Schadstoffabgabe im Innenraum, dem Außenluftvolumenstrom und den in der Außenluft enthaltenen Schadstoffen. 25

Aus den Gegebenheiten

- geschlossener Raum mit bestimmten Außen- und Fortluftvolumenströmen
 - Verhältnis Außen-/Fortluftvolumenstrom = 1/1
 - Besetzung des Raumes mit Personen, welche je Zeiteinheit ein bestimmtes Volumen Schadgas abgeben
 - Außenluft mit bestimmter Konzentration des gleichen Schadgases
 - System in eingeschwungenem Zustand wird am Beispiel des Schadgases CO₂ der Zusammenhang von Schadstoffkonzentration und Außenluftvolumenstrom dargestellt. Dabei bedeuten:
- 30

V _R – Raumvolumen	in m ³	
k _{CO2R} – Konzentration CO ₂ im Raum	in ppm	
n _P – Anzahl der Personen im Raum		
V _{CO2P} – CO ₂ Abgabe je Person	in m ³ /h	
V _{A1} – Außenluftvolumenstrom	in m ³ /h	40
k _{CO2A} – Konzentration CO ₂ der Außenluft	in ppm	
V _{CO2A} – CO ₂ Eintrag durch Außenluft	in m ³ /h	
V _{F1} – Fortluftvolumenstrom	in m ³ /h	
k _{CO2F} – Konzentration CO ₂ der Fortluft	in ppm	
z – Luftwechselzahl		45

Mit den Beziehungen:

$$V_{CO2A} = 10^{-6} \cdot k_{CO2A} \cdot V_{A1}, z = V_{A1}/V_R \text{ und } k_{CO2R} = (V_{CO2A} + V_{CO2P} \cdot n_P) \cdot 10^6 / (V_R \cdot z) \quad 50$$

wird die CO₂-Konzentration im Innenraum wie folgt berechnet:

$$k_{CO2R} = (V_{CO2P} \cdot 10^6 \cdot n_P + k_{CO2A} \cdot V_{A1}) / V_{A1} \quad 55$$

Davon abgeleitet berechnet sich der Außenluftvolumenstrom:

$$V_{A1} = V_{CO2P} \cdot 10^6 \cdot n_P / (k_{CO2R} - k_{CO2A}) \quad 60$$

Nach diesen Gleichungen kann mit den Vorgaben:

k_{CO2A} – Konzentration CO₂ in der Außenluft:

Erfahrungswert ca. 450 ppm

V_{CO2P} – zeitbezogene CO₂ Abgabe je Person; Werte dieser Größe in Abhängigkeit vom Aktivitätsgrad einer Person sind in DIN 1946 Teil 2 angegeben;

k_{CO2R Max} – maximal zulässige CO₂-Konzentration im Raum

der minimale Außenluftvolumenstrom V_{A/Min} bei vorgegebenem maximalen CO₂-Gehalt der Raumluft k_{CO2R Max} auf 2 Arten bestimmt werden: 65

1. Fall: Besetzung des Fahrzeuges n_p z. B. durch Erfassung der Federbelastung bekannt

$$V_{Al\ Min} = V_{CO2P} \cdot 10^6 \cdot n_p / (k_{CO2R\ Max} - k_{CO2A}) \quad (1.1)$$

2. Fall: CO_2 -Gehalt der Raumluft bekannt,
Berechnung der Besetzung n_p aus der gemessenen CO_2 -Konzentration in der Raumluft

$$n_p = (k_{CO2R} - k_{CO2A}) \cdot V_{Al} \cdot 10^{-6} / V_{CO2P}$$

$$V_{Al\ Min} = (k_{CO2R} - k_{CO2A}) \cdot V_{Al} / (k_{CO2R\ Max} - k_{CO2A}) \quad (1.2)$$

Ist der aus Besetzung oder Gaskonzentration ermittelte Mindestaußenluftvolumenstrom gleich Null, so ist es sinnvoll, trotzdem einen bestimmten Mindestaußenluftvolumenstrom vorzugeben, um eine mögliche Ansammlung nicht erfassbarer Gase und Geruchsstoffe, welche zum sogenannten Sick-Building-Syndrom führen kann, zu vermeiden.

Kriterium 2

Zur Kompensation der thermischen Last des Raumes ist ein bestimmter Volumenstrom mit einer bestimmten Temperatur erforderlich.

Im folgenden werden die Beziehungen zwischen Zuluftförderung, deren Zusammensetzung aus Außen- und Umluft und Energie- bzw. Leistungsbedarf erläutert. Dabei bedeuten:

- E – zugeführte Energie in kWh
- P – zugeführte Leistung in kW
- V – Volumenstrom in m^3/h
- T – Temperatur in $^{\circ}C$
- c – spezifische Wärme in Wh/kg · K
- m – Masse in Kg
- ϕ – Dichte in kg/m^3

mit den Indizes:

- Al – Außenluft
- Zu – Zuluft
- Misch – Mischluft
- Ul – rückgeführte Raumluft (Umluft)
- R – Raum
- Fl – Fortluft
- Heiz – Betriebsart Heizen
- Kühl – Betriebsart Kühlen
- Ist – Istwert

Für die Temperierung des Raumes aufzuwendende Energie bzw. Leistung berechnen sich grundsätzlich nach den Gleichungen:

$$E_{RZu} = c \cdot m_{Zu} \cdot (T_R - T_{Zu}) \text{ aufzuwendende Energie}$$

$$P_{RZu} = c \cdot \phi \cdot V_{Zu} \cdot (T_R - T_{Zu}) \text{ erforderliche Leistung}$$

Dabei sind folgende technische Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Zulufttemperatur: Aus Gründen des Komforts und der Anlagensicherheit sind in Vorschriften die Grenzwerte $T_{Zu\ Min}$ und $T_{Zu\ Max}$ festgelegt.
- Zuluftvolumenstrom: Der Mindestzuluftvolumenstrom $V_{Zu\ Min}$ wird bestimmt durch die Luftmenge, die zur Sicherstellung der Raumluftzirkulation durchzusetzen ist, und durch den nach Kriterium 1 erforderlichen Mindestaußenluftvolumenstrom $V_{Al\ Min}$.
Die maximale Zuluftförderung $V_{Zu\ Max}$ wird durch folgende Faktoren begrenzt:
Das Zuluftvolumen muß so eingebracht werden, daß Unbehaglichkeiten durch zu hohe Strömungsgeschwindigkeiten vermieden werden.
- Die Luftwege bestimmen den Strömungswiderstand und damit die für die Förderung aufzuwendende mechanische Leistung. D. h. entsprechend des Volumenstromes sind bestimmte Querschnitte erforderlich.

Für die Anlagen, auf die sich die Erfindung bezieht, gelten folgende Annahmen:

- $V_{Al} = V_{Fl}$, eingeschwungenes System
- Eine Darstellung der Luftzustände im h-x-Diagramm bedingt das Vorhandensein von Einrichtungen zur Erfassung der Größen Temperatur und Feuchte. Fahrzeugklimaanlagen für gemäßigte Klimazonen besitzen im allgemei-

nen keine Luftfeuchterege lung und damit auch keine Erfassung der Außen- und Raumluftfeuchte. Es wird deshalb angenommen, daß in den häufigsten Betriebsfällen der betreffenden Fahrzeugklimaanlagen der Feuchtegehalt der Zuluft nur unwesentlich von deren Zusammensetzung aus Um- und Außenluft beeinflusst wird. Deshalb ist der Energiebedarf für die Entfeuchtung der Zuluft, als von der Mischung der Volumenströme unabhängiger Wert, zuzu rechnen.

- Näherung: $T_{U1} = T_{F1} = \text{mittlere } T_R$
- nicht beeinflussbare Größen: T_{A1} , P_R variable Größen: V_{A1} , T_{Zu}

Die thermische Last des Raumes P_R wird bestimmt von:

- äußeren Witterungsbedingungen wie Sonnenstrahlungsintensität, Trübung, Temperatur, Feuchte,
- k-Wert des Fahrzeuges,
- Bewegungszustand des Fahrzeuges,
- Besetzung, dazu ist in DIN 1946 Teil 2 die anzunehmende Wärmeabgabe je Person, abhängig von deren Aktivitätsgrad bestimmt,
- Wärmeabgabe elektrischer Verbraucher.

Sie bewirkt eine Temperaturänderung der eingeströmten Zuluft im Raum um den Betrag $\Delta T_R = T_R - T_{Zu}$. Bei Regelabweichung ($T_R \neq T_{RSoll}$) ist die aktuelle Raumlast nach folgender Gleichung ermittelbar:

$$P_R = c \cdot \varphi \cdot V_{Zu1st} \cdot (T_{R1st} - T_{Zu1st}) \quad (2.1)$$

wobei ein positives Vorzeichen von $(T_{R1st} - T_{Zu1st})$ bzw. von P_R einem Wärmeeintrag in den Raum und damit einem Kühlbedarf und ein negatives Vorzeichen einem Wärmeentzug und damit Heizbedarf entspricht.

Um die gewünschte Raumtemperatur T_{RSoll} zu erzielen, müssen Volumenstrom und Temperatur der Zuluft so eingestellt werden, daß diese die thermische Last des Raumes kompensiert, dafür gelten die Bestimmungsgleichungen:

$$T_{Zu} = T_{RSoll} - \Delta T_R \quad (2.2)$$

$$P_R = c \cdot \varphi \cdot V_{Zu} \cdot (T_{RSoll} - T_{Zu}) \quad (2.3)$$

$T_{Zu} = T_{RSoll} - P_R/c \cdot \varphi \cdot V_{Zu}$, wobei wenn $T_{Zu} > T_{Zu \text{ Max}}$ gilt, $T_{Zu} = T_{Zu \text{ Max}}$ gesetzt wird, und wenn $T_{Zu} < T_{Zu \text{ Min}}$ gilt, $T_{Zu} = T_{Zu \text{ Min}}$ gesetzt wird. (2.3a)

$$V_{Zu} = P_R / ((T_{RSoll} - T_{Zu}) \cdot c \cdot \varphi) \text{ mit der Bedingung } V_{Zu \text{ Min}} \leq V_{Zu} \leq V_{Zu \text{ Max}} \quad V_{A1 \text{ Min}} \leq V_{Zu \text{ Min}} \quad (2.3b)$$

Diese Beziehungen sind an je einem Beispiel für Kühl- und Heizlast in Fig. 2 graphisch dargestellt. Durch Mischung der Volumenströme Außen- und Umluft entsteht Mischluft, mit der Temperatur:

$$T_{\text{Misch}} = (V_{U1} \cdot T_{U1} + V_{A1} \cdot T_{A1}) / (V_{U1} + V_{A1}) \quad (2.4)$$

Sie läßt sich auch als Funktion des Verhältnisses $x_v = V_{A1}/V_{Zu}$ mit $V_{Zu} = V_{U1} + V_{A1}$ darstellen:

$$T_{\text{Misch}} = x_v \cdot (T_{A1} - T_{U1}) + T_{U1} \quad (2.4a)$$

Aus den Gleichungen:

$$P_{Zu} = V_{Zu} \cdot c \cdot \varphi \cdot (T_{\text{Misch}} - T_{Zu}) \quad (2.5)$$

$$P_{Zu} = c \cdot \varphi \cdot (V_{A1} \cdot (T_{A1} - T_{U1}) + V_{Zu} \cdot (T_{U1} - T_{RSoll})) + P_R \quad (2.5a)$$

oder in Darstellung als Funktion des Verhältnisses $x_v = V_{A1}/V_{Zu}$

$$P_{Zu} = V_{Zu} \cdot c \cdot \varphi \cdot (x_v \cdot (T_{A1} - T_{U1}) + T_{U1} - T_{RSoll}) + P_R \quad (2.5b)$$

ist ersichtlich, daß der Leistungsbedarf für die Temperierung der Zuluft proportional dem Produkt aus Zuluftvolumenstrom und Temperaturdifferenz zwischen Misch- und Zuluft ist. Entspricht die Mischlufttemperatur der erforderlichen Zulufttemperatur so ist der Energiebedarf gleich Null, d. h. Lüftungsbetrieb.

Um das Ziel der Erfindung, Angleichung von T_R an T_{Soll} mit minimalem Energieeinsatz E zu erreichen, ist folgende Steuerung des Außenluftvolumenstromes erforderlich:

1. Fall: $T_R < T_{RSoll}$ (Heizen) $\Rightarrow T_{Zu}$ muß größer als T_R sein
 $T_{A1} > T_R \Rightarrow V_{A1 \text{ Maximum}}$
 $T_{A1} < T_R \Rightarrow V_{A1 \text{ Minimum}}$
2. Fall: $T_R > T_{RSoll}$ (Kühlen) $\Rightarrow T_{Zu}$ muß kleiner als T_R sein
 $T_{A1} > T_R \Rightarrow V_{A1 \text{ Minimum}}$
 $T_{A1} < T_R \Rightarrow V_{A1 \text{ Maximum}}$

In Fig. 3.1 ist die erforderliche thermische Leistung als Funktion des Mischungsverhältnisses Außen-/Zuluftvolumenstrom bei gleicher Last und Außentemperatur für verschiedene Betriebsfälle dargestellt.

Fig. 3.2 zeigt die erforderliche thermische Leistung in Abhängigkeit von Außentemperatur und Raumlast bei verschiedenen Mischungsverhältnissen Außen-/Zuluftvolumenstrom.

- 5 Unter Lüftung ist der Abbau der thermischen Raumlast durch Zufuhr von thermisch nicht behandelter Außenluft zu verstehen. Dafür gilt:

$$P_{Zu} = 0 \text{ bei } T_{Zu} = T_{\text{Misch}}$$

10 $T_F = T_{Ai} + \Delta T_R \quad V_{Ai} = V_F$

Um die Raumtemperatur dem Sollwert anzugleichen, ($T_R = T_{R\text{Soll}}$), ist ein Außenluftvolumenstrom erforderlich, der nach folgender Formel ermittelt wird:

15 $V_{AiL} = V_{Zu} = P_R / ((T_{R\text{Soll}} - T_{Ai}) \cdot c \cdot \varphi) \quad (2.6)$

Aus vorstehend dargelegten Zusammenhängen wird als Gegenstand der Erfindung folgendes Verfahren zur Steuerung der Luftvolumenströme abgeleitet:

Die Zuluft wird zweckmäßig nach zwei Kriterien behandelt:

20

1. Raumluftqualität: Sie wird wesentlich von der Besetzung des Fahrzeuges mit Personen und deren Aktivitätsgrad bestimmt. Als Indikator kann der CO_2 Gehalt der Raumluft angesehen werden.
2. Thermische Last: Sie ist abhängig von den äußeren und inneren Wärmelasten.

- 25 Um den Energieeinsatz unter Beachtung o. g. Randbedingungen zu minimieren, werden Zuluftförderung und Mischung der Volumenströme nach folgenden Regeln bestimmt:

1. Der Mindestaußenluftanteil der Zuluft wird, unabhängig vom Energiebedarf, durch die Raumluftqualität vorgegeben. Die Anzahl der Personen im Raum und deren Aktivitäten, und der daraus resultierende Schadgas-Gehalt der Raumluft bestimmen den Mindestaußenluftvolumenstrom $V_{Ai\text{Min}}$ nach Gleichung (1.1) bzw. (1.2).
2. Entsprechend der Raumlast, die aus den Istwerten von Zuluftvolumenstrom sowie Differenz zwischen Raumtemperatur und Zulufttemperatur nach Gleichung (2.1) ermittelt wird, sind erforderlicher Zuluftvolumenstrom und die entsprechende Zulufttemperatur nach Gleichung (2.3a) und (2.3b) bestimmt.
3. Entsprechend Richtung und Höhe der Temperaturabweichung der Außenluft von der Raumluft werden die Zuluftmenge und ihr Außenluftanteil so ermittelt, daß die Differenz zwischen der Mischtemperatur gemäß Gleichung (2.4) und der erforderlichen Zulufttemperatur nach Gleichung (2.3a) möglichst gering ist. Dabei sind die für die Zuluft bereits genannten Randbedingungen bezüglich Temperatur und Volumenstrom einzuhalten.

- Das Verfahren ist nach dem in Fig. 4 aufgezeigten Programmablaufplan, der Bestandteil der Erfindung ist, realisierbar. Die darin dargestellten Betriebsarten und die zu deren Einstellung führenden Schritte werden im folgenden erläutert:

1. Zunächst wird der minimale Außenluftvolumenstrom $V_{Ai\text{Min}}$ gemäß zulässiger CO_2 -Konzentration $K_{\text{CO}_2\text{RMAX}}$ bestimmt.
2. Nach Gleichung (2.1) wird die Raumlast P_R , das ist der Bedarf an Kühl- oder Heizleistung, aus den Istwerten von Zuluftvolumenstrom sowie Differenz zwischen Raumtemperatur und Zulufttemperatur ermittelt.
3. Liegt die Außenlufttemperatur T_{Ai} bei Heizbedarf über bzw. bei Kühlbedarf unter der Raumlufttemperatur T_R , wird der für Lüftungsbetrieb erforderliche Außenluftvolumenstrom V_{AiL} ermittelt.
 - Ist dieser höher als die maximal mögliche Förderkapazität, so wird die Betriebsart Regelbetrieb Heizen oder Kühlen mit maximalem Außenluftvolumenstrom $V_{Ai\text{Max}}$ eingestellt.
 - Liegt er unter dem in 1. ermittelten Mindestaußenluftvolumenstrom $V_{Ai\text{Min}}$, wird die Betriebsart Regelbetrieb Heizen oder Kühlen mit minimalem Außenluftvolumenstrom $V_{Ai\text{Min}}$ eingestellt.
 - Liegt er zwischen diesen Grenzwerten, arbeitet die Anlage im Lüftungsbetrieb mit dem für Lüftung erforderlichen Außenluftvolumenstrom V_{AiL} .
4. Kann die Außenluft auf Grund ihrer Temperatur nicht zu einem Abbau der Raumlast beitragen, wird die Betriebsart Regelbetrieb Heizen oder Kühlen mit dem minimalen Außenluftvolumenstrom $V_{Ai\text{Min}}$ nach 1. eingestellt.
5. In allen Betriebsarten wird der Zuluftvolumenstrom V_{Zu} so bestimmt, daß der für die Raumluftzirkulation notwendige Wert erreicht wird, er den Mindestaußenluftvolumenstrom $V_{Ai\text{Min}}$ nach 1. enthält und seine Temperatur zwischen den zulässigen Grenzwerten $T_{Zu\text{Min}}$ und $T_{Zu\text{Max}}$ liegt. Ist der erforderliche Zuluftvolumenstrom V_{Zu} größer als der ermittelte Außenluftvolumenstrom V_{Ai} , ergibt sich aus dieser Differenz der Umluftvolumenstrom V_{Uj} .
6. In den Betriebsarten Regelbetrieb Heizen oder Kühlen wird die zur Temperierung des Zuluftvolumenstroms V_{Zu} je nach Bedarf durch Kühl- oder Heizregister zuzuführende Leistung P_{Zu} nach Gleichung (2.5b) abhängig von den Temperaturen der Außen- und Umluft und deren Mischungsverhältnis x_v als Vorgabewert für die Regelung von Kälteaggregat oder Heizung berechnet.

- 65 Anhand der drei folgenden Beispiele wird der energetische Vorteil der Erfindung verdeutlicht:

Es wird der Leistungsbedarf für die Temperierung des Innenraumes bei verschiedenen Betriebsfällen nach vorstehend beschriebenem vereinfachten Rechenverfahren jeweils

nen keine Luftfeuchteregeleung und damit auch keine Erfassung der Außen- und Raumluftfeuchte. Es wird deshalb angenommen, daß in den häufigsten Betriebsfällen der betreffenden Fahrzeugklimaanlagen der Feuchtegehalt der Zuluft nur unwesentlich von deren Zusammensetzung aus Um- und Außenluft beeinflusst wird. Deshalb ist der Energiebedarf für die Entfeuchtung der Zuluft, als von der Mischung der Volumenströme unabhängiger Wert, zuzurechnen.

- Näherung: $T_{U1} = T_{F1} = \text{mittlere } T_R$
- nicht beeinflussbare Größen: T_{A1} , P_R variable Größen: V_{A1} , T_{Zu}

Die thermische Last des Raumes P_R wird bestimmt von:

- äußeren Witterungsbedingungen wie Sonnenstrahlungsintensität, Trübung, Temperatur, Feuchte,
- k-Wert des Fahrzeuges,
- Bewegungszustand des Fahrzeuges,
- Besetzung, dazu ist in DIN 1946 Teil 2 die anzunehmende Wärmeabgabe je Person, abhängig von deren Aktivitätsgrad bestimmt,
- Wärmeabgabe elektrischer Verbraucher.

Sie bewirkt eine Temperaturänderung der eingeströmten Zuluft im Raum um den Betrag $\Delta T_R = T_R - T_{Zu}$. Bei Regelabweichung ($T_R \neq T_{RSoll}$) ist die aktuelle Raumlast nach folgender Gleichung ermittelbar:

$$P_R = c \cdot \varphi \cdot V_{Zu1st} \cdot (T_{R1st} - T_{Zu1st}) \quad (2.1)$$

wobei ein positives Vorzeichen von $(T_{R1st} - T_{Zu1st})$ bzw. von P_R einem Wärmeeintrag in den Raum und damit einem Kühlbedarf und ein negatives Vorzeichen einem Wärmeentzug und damit Heizbedarf entspricht.

Um die gewünschte Raumtemperatur T_{RSoll} zu erzielen, müssen Volumenstrom und Temperatur der Zuluft so eingestellt werden, daß diese die thermische Last des Raumes kompensiert, dafür gelten die Bestimmungsgleichungen:

$$T_{Zu} = T_{RSoll} - \Delta T_R \quad (2.2)$$

$$P_R = c \cdot \varphi \cdot V_{Zu} \cdot (T_{RSoll} - T_{Zu}) \quad (2.3)$$

$T_{Zu} = T_{RSoll} - P_R/c \cdot \varphi \cdot V_{Zu}$, wobei wenn $T_{Zu} > T_{Zu \text{ Max}}$ gilt, $T_{Zu} = T_{Zu \text{ Max}}$ gesetzt wird, und wenn $T_{Zu} < T_{Zu \text{ Min}}$ gilt, $T_{Zu} = T_{Zu \text{ Min}}$ gesetzt wird. (2.3a)

$$V_{Zu} = P_R / ((T_{RSoll} - T_{Zu}) \cdot c \cdot \varphi) \text{ mit der Bedingung } V_{Zu \text{ Min}} \leq V_{Zu} \leq V_{Zu \text{ Max}} \quad V_{A1 \text{ Min}} \leq V_{Zu \text{ Min}} \quad (2.3b)$$

Diese Beziehungen sind an je einem Beispiel für Kühl- und Heizlast in Fig. 2 graphisch dargestellt. Durch Mischung der Volumenströme Außen- und Umluft entsteht Mischluft, mit der Temperatur:

$$T_{\text{Misch}} = (V_{U1} \cdot T_{U1} + V_{A1} \cdot T_{A1}) / (V_{U1} + V_{A1}) \quad (2.4)$$

Sie läßt sich auch als Funktion des Verhältnisses $x_v = V_{A1}/V_{Zu}$ mit $V_{Zu} = V_{U1} + V_{A1}$ darstellen:

$$T_{\text{Misch}} = x_v \cdot (T_{A1} - T_{U1}) + T_{U1} \quad (2.4a)$$

Aus den Gleichungen:

$$P_{Zu} = V_{Zu} \cdot c \cdot \varphi \cdot (T_{\text{Misch}} - T_{Zu}) \quad (2.5)$$

$$P_{Zu} = c \cdot \varphi \cdot (V_{A1} \cdot (T_{A1} - T_{U1}) + V_{Zu} \cdot (T_{U1} - T_{RSoll})) + P_R \quad (2.5a)$$

oder in Darstellung als Funktion des Verhältnisses $x_v = V_{A1}/V_{Zu}$

$$P_{Zu} = V_{Zu} \cdot c \cdot \varphi \cdot (x_v \cdot (T_{A1} - T_{U1}) + T_{U1} - T_{RSoll}) + P_R \quad (2.5b)$$

ist ersichtlich, daß der Leistungsbedarf für die Temperierung der Zuluft proportional dem Produkt aus Zuluftvolumenstrom und Temperaturdifferenz zwischen Misch- und Zuluft ist. Entspricht die Mischlufttemperatur der erforderlichen Zulufttemperatur so ist der Energiebedarf gleich Null, d. h. Lüftungsbetrieb.

Um das Ziel der Erfindung, Angleichung von T_R an T_{Soll} mit minimalem Energieeinsatz E zu erreichen, ist folgende Steuerung des Außenluftvolumenstromes erforderlich:

1. Fall: $T_R < T_{RSoll}$ (Heizen) $\Rightarrow T_{Zu}$ muß größer als T_R sein
 $T_{A1} > T_R \Rightarrow V_{A1 \text{ Maximum}}$
 $T_{A1} < T_R \Rightarrow V_{A1 \text{ Minimum}}$
2. Fall: $T_R > T_{RSoll}$ (Kühlen) $\Rightarrow T_{Zu}$ muß kleiner als T_R sein
 $T_{A1} > T_R \Rightarrow V_{A1 \text{ Minimum}}$
 $T_{A1} < T_R \Rightarrow V_{A1 \text{ Maximum}}$

In Fig. 3.1 ist die erforderliche thermische Leistung als Funktion des Mischungsverhältnisses Außen-/Zuluftvolumenstrom bei gleicher Last und Außentemperatur für verschiedene Betriebsfälle dargestellt.

Fig. 3.2 zeigt die erforderliche thermische Leistung in Abhängigkeit von Außentemperatur und Raumlast bei verschiedenen Mischungsverhältnissen Außen-/Zuluftvolumenstrom.

- 5 Unter Lüftung ist der Abbau der thermischen Raumlast durch Zufuhr von thermisch nicht behandelter Außenluft zu verstehen. Dafür gilt:

$$P_{Zu} = 0 \text{ bei } T_{Zu} = T_{\text{Misch}}$$

10 $T_F = T_{Al} + \Delta T_R \quad V_{Al} = V_F$

Um die Raumtemperatur dem Sollwert anzugleichen, ($T_R = T_{R\text{Soll}}$), ist ein Außenluftvolumenstrom erforderlich, der nach folgender Formel ermittelt wird:

15 $V_{AlL} = V_{Zu} = P_R / ((T_{R\text{Soll}} - T_{Al}) \cdot c \cdot \varphi) \quad (2.6)$

Aus vorstehend dargelegten Zusammenhängen wird als Gegenstand der Erfindung folgendes Verfahren zur Steuerung der Luftvolumenströme abgeleitet:

Die Zuluft wird zweckmäßig nach zwei Kriterien behandelt:

20

1. Raumlufthqualität: Sie wird wesentlich von der Besetzung des Fahrzeuges mit Personen und deren Aktivitätsgrad bestimmt. Als Indikator kann der CO₂ Gehalt der Raumlufth angesehen werden.
2. Thermische Last: Sie ist abhängig von den äußeren und inneren Wärmelasten.

- 25 Um den Energieeinsatz unter Beachtung o. g. Randbedingungen zu minimieren, werden Zuluftförderung und Mischung der Volumenströme nach folgenden Regeln bestimmt:

1. Der Mindestaußenluftanteil der Zuluft wird, unabhängig vom Energiebedarf, durch die Raumlufthqualität vorgegeben. Die Anzahl der Personen im Raum und deren Aktivitäten, und der daraus resultierende Schadgas-Gehalt der Raumlufth bestimmen den Mindestaußenluftvolumenstrom $V_{Al\text{Min}}$ nach Gleichung (1.1) bzw. (1.2).
2. Entsprechend der Raumlast, die aus den Istwerten von Zuluftvolumenstrom sowie Differenz zwischen Raumtemperatur und Zulufttemperatur nach Gleichung (2.1) ermittelt wird, sind erforderlicher Zuluftvolumenstrom und die entsprechende Zulufttemperatur nach Gleichung (2.3a) und (2.3b) bestimmt.
3. Entsprechend Richtung und Höhe der Temperaturabweichung der Außenluft von der Raumlufth werden die Zuluftmenge und ihr Außenluftanteil so ermittelt, daß die Differenz zwischen der Mischtemperatur gemäß Gleichung (2.4) und der erforderlichen Zulufttemperatur nach Gleichung (2.3a) möglichst gering ist. Dabei sind die für die Zuluft bereits genannten Randbedingungen bezüglich Temperatur und Volumenstrom einzuhalten.

- Das Verfahren ist nach dem in Fig. 4 aufgezeigten Programmablaufplan, der Bestandteil der Erfindung ist, realisierbar.
- 40 Die darin dargestellten Betriebsarten und die zu deren Einstellung führenden Schritte werden im folgenden erläutert:

1. Zunächst wird der minimale Außenluftvolumenstrom $V_{Al\text{Min}}$ gemäß zulässiger CO₂-Konzentration $K_{CO_2R\text{MAX}}$ bestimmt.
2. Nach Gleichung (2.1) wird die Raumlast P_R , das ist der Bedarf an Kühl- oder Heizleistung, aus den Istwerten von Zuluftvolumenstrom sowie Differenz zwischen Raumtemperatur und Zulufttemperatur ermittelt.
3. Liegt die Außenlufttemperatur T_{Al} bei Heizbedarf über bzw. bei Kühlbedarf unter der Raumlufthtemperatur T_R , wird der für Lüftungsbetrieb erforderliche Außenluftvolumenstrom V_{AlL} ermittelt.
 - Ist dieser höher als die maximal mögliche Förderkapazität, so wird die Betriebsart Regelbetrieb Heizen oder Kühlen mit maximalem Außenluftvolumenstrom $V_{Al\text{Max}}$ eingestellt.
 - Liegt er unter dem in 1. ermittelten Mindestaußenluftvolumenstrom $V_{Al\text{Min}}$, wird die Betriebsart Regelbetrieb Heizen oder Kühlen mit minimalem Außenluftvolumenstrom $V_{Al\text{Min}}$ eingestellt.
 - Liegt er zwischen diesen Grenzwerten, arbeitet die Anlage im Lüftungsbetrieb mit dem für Lüftung erforderlichen Außenluftvolumenstrom V_{AlL} .
4. Kann die Außenluft auf Grund ihrer Temperatur nicht zu einem Abbau der Raumlast beitragen, wird die Betriebsart Regelbetrieb Heizen oder Kühlen mit dem minimalem Außenluftvolumenstrom $V_{Al\text{Min}}$ nach 1. eingestellt.
5. In allen Betriebsarten wird der Zuluftvolumenstrom V_{Zu} so bestimmt, daß der für die Raumlufthzirkulation notwendige Wert erreicht wird, er den Mindestaußenluftvolumenstrom $V_{Al\text{Min}}$ nach 1. enthält und seine Temperatur zwischen den zulässigen Grenzwerten $T_{Zu\text{Min}}$ und $T_{Zu\text{Max}}$ liegt. Ist der erforderliche Zuluftvolumenstrom V_{Zu} größer als der ermittelte Außenluftvolumenstrom V_{Al} , ergibt sich aus dieser Differenz der Umluftvolumenstrom V_{Uf} .
6. In den Betriebsarten Regelbetrieb Heizen oder Kühlen wird die zur Temperierung des Zuluftvolumenstroms V_{Zu} je nach Bedarf durch Kühl- oder Heizregister zuzuführende Leistung P_{Zu} nach Gleichung (2.5b) abhängig von den Temperaturen der Außen- und Umluft und deren Mischungsverhältnis x_v als Vorgabewert für die Regelung von Kühlaggregat oder Heizung berechnet.

- 65 Anhand der drei folgenden Beispiele wird der energetische Vorteil der Erfindung verdeutlicht:

Es wird der Leistungsbedarf für die Temperierung des Innenraumes bei verschiedenen Betriebsfällen nach vorstehend beschriebenem vereinfachten Rechenverfahren jeweils

DE 198 47 504 C 1

- a) für eine Anlage mit konstanten Luftvolumenströmen
b) für die gleiche Anlage mit gemäß der Erfindung optimierten Luftvolumenströmen ermittelt.

1. Regelbetrieb Kühlen

angenommener Betriebsfall: $T_{R1st} = 26^\circ\text{C}$, $T_{Zu1st} = 14,2^\circ\text{C}$, $V_{Zu1st} = 2800 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\text{Raumlast: } P_R = c \cdot \varphi \cdot V_{Zu1st} \cdot (T_{R1st} - T_{Zu1st}) = 0,28 \cdot 1,3 \cdot 2800 \cdot (26 - 14,2) = 12026,56 \approx 12 \text{ kW} \quad (2.1) \quad 5$$

$$T_{RSoll} = 22^\circ\text{C}$$

$$T_{AI} = 18^\circ\text{C}$$

$$T_{UI} = 24^\circ\text{C}$$

a) Volumenströme konstant:

$$V_{Zu} = 2800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{UI} = 1400 \text{ m}^3/\text{h}$$

10

Erforderliche Leistung

$$P_{Zu} = c \cdot \varphi \cdot (V_{AI} \cdot (T_{AI} - T_{UI}) + V_{Zu} \cdot (T_{UI} - T_{RSoll})) + P_R = 0,28 \cdot 1,3 \cdot (1400 \cdot (18 - 24) + 2800 \cdot (24 - 22)) + 1200 = 10980,8 \approx 10,98 \text{ kW} \quad (2.5a) \quad 15$$

b) Volumenströme optimiert

Auslegung der Anlage:

$$V_{AI\text{Max}} = 2800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_{Zu\text{Min}} = 7^\circ\text{C}$$

20

- Besetzung: 60 Personen $\Rightarrow V_{AI\text{min}} = 1200 \text{ m}^3/\text{h}$

- $T_R > T_{RSoll} \Rightarrow$ Kühlbedarf

- $T_{AI} < T_R \Rightarrow$ erforderlicher Außenluftvolumenstrom Lüften

25

$$V_{AIL} = V_{Zu} = P_R / ((T_{RSoll} - T_{AI}) \cdot c \cdot \varphi) = 12000 / ((22 - 18) \cdot 1,3 \cdot 0,28) = 8241,75 \approx 8242 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.6)$$

30

- $V_{AIL} > V_{AI\text{max}} \Rightarrow V_{AI} = V_{AI\text{Max}} = 2800 \text{ m}^3/\text{h}$

$V_{UI} = 0 \text{ m}^3/\text{h}$, erforderliche Zulufttemperatur

$$T_{Zu} = T_{RSoll} - P_R / (c \cdot \varphi \cdot V_{Zu}) = 22 - 12000 / (1,3 \cdot 0,28 \cdot 2800) = 10,2^\circ\text{C} \Rightarrow T_{Zu} > T_{Zu\text{Min}} \quad (2.3a)$$

35

Erforderliche Leistung

$$P_{Zu} = c \cdot \varphi \cdot (V_{AI} \cdot (T_{AI} - T_{UI}) + V_{Zu} \cdot (T_{UI} - T_{RSoll})) + P_R = 0,28 \cdot 1,3 \cdot (2800 \cdot (18 - 24) + 2800 \cdot (24 - 22)) + 12000 = 7923,2 \approx 7,92 \text{ kW} \quad (2.5a) \quad 40$$

Durch Reduzierung des Umluftanteiles (auf 0) und Erhöhung des Außenluftanteiles (gesamte Zuluft) ist in dem angenommenen Betriebsfall die Leistungsaufnahme um den Faktor 1,3859 geringer.

2. Regelbetrieb Heizen

angenommener Betriebsfall:

$$T_{R1st} = 20^\circ\text{C}, T_{Zu1st} = 31,8^\circ\text{C}, V_{Zu1st} = 2800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Raumlast: } P_R = c \cdot \varphi \cdot V_{Zu1st} \cdot (T_{R1st} - T_{Zu1st}) = 0,28 \cdot 1,3 \cdot 2800 \cdot (20 - 31,8) = -12026,56 \approx -12 \text{ kW} \quad (2.1)$$

$$T_{RSoll} = 22^\circ\text{C}$$

$$T_{AI} = -7^\circ\text{C}$$

$$T_{UI} = 20^\circ\text{C}$$

45

50

a) Volumenströme konstant:

$$V_{Zu} = 2800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{UI} = 1400 \text{ m}^3/\text{h}$$

55

Erforderliche Leistung

$$P_{Zu} = c \cdot \varphi \cdot (V_{AI} \cdot (T_{AI} - T_{UI}) + V_{Zu} \cdot (T_{UI} - T_{RSoll})) + P_R = 0,28 \cdot 1,3 \cdot (1400 \cdot (-7 - 20) + 2800 \cdot (20 - 22)) - 12000 = -27797,6 \text{ kW} \approx -27,80 \text{ kW} \quad (2.5a) \quad 60$$

b) Volumenströme optimiert

Auslegung der Anlage:

$$V_{AI\text{Max}} = 2800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_{Zu\text{Max}} = 60^\circ\text{C}$$

65

- Besetzung: 20 Personen $\Rightarrow V_{AI\text{Min}} = 400 \text{ m}^3/\text{h}$

- $T_R < T_{RSoll} \Rightarrow$ Heizen
- $T_{Ul} < T_R \Rightarrow V_{Al} = V_{AlMax} = 400 \text{ m}^3/\text{h}$
- $T_{Ul} < T_{RSoll} \Rightarrow V_{Zu} = \min., T_{Zu} = T_{ZuMax} = 60^\circ\text{C}$
- $V_{Zu} = P_R / ((T_{RSoll} - T_{ZuMax}) \cdot c \cdot \varphi) = 12000 / ((22 - 60) \cdot 1,3 \cdot 0,28) = 868 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.3b)$
- $V_{Ul} = V_{Zu} - V_{Almin} = 468 \text{ m}^3/\text{h}$

Erforderliche Leistung

$$P_{Zu} = c \cdot \varphi \cdot (V_{Al} \cdot (T_{Al} - T_{Ul}) + V_{Zu} \cdot (T_{Ul} - T_{RSoll})) + P_R = 1,3 \cdot 0,28 \cdot (400 \cdot (-7 - 20) + 868 \cdot (20 - 22)) - 12000 = -16563 \triangleq -16,56 \text{ kW} \quad (2.5a)$$

Durch Reduzierung des Zuluftvolumens und Senkung des Außenluftanteiles ist in dem angenommenen Betriebsfall die Leistungsaufnahme um den Faktor 1,68 geringer.

3. geregelter Lüftungsbetrieb

angenommener Betriebsfall:

$$T_{Rist} = 23^\circ\text{C}, T_{ZuIst} = 17,2^\circ\text{C}, V_{ZuIst} = 2800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Raumlast: } P_R = c \cdot \varphi \cdot V_{ZuIst} \cdot (T_{Rist} - T_{ZuIst}) = 0,28 \cdot 1,3 \cdot 2800 \cdot (23 - 17,2) = 5911 \triangleq 6 \text{ kW} \quad (2.1)$$

$$T_{RSoll} = 22^\circ\text{C}$$

$$T_{Al} = 15^\circ\text{C}$$

$$T_{Ul} = 24^\circ\text{C}$$

a) Volumenströme konstant:

$$V_{Zu} = 2800 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{Ul} = 1400 \text{ m}^3/\text{h}$$

Erforderliche Leistung

$$P_{Zu} = c \cdot \varphi \cdot (V_{Al} \cdot (T_{Al} - T_{Ul}) + V_{Zu} \cdot (T_{Ul} - T_{RSoll})) + P_R = 0,28 \cdot 1,3 \cdot (1400 \cdot (15 - 24) + 2800 \cdot (24 - 22)) + 6000 = 3452 \triangleq 3,45 \text{ kW} \quad (2.5a)$$

b) Volumenströme optimiert

Auslegung der Anlage: $V_{Almax} = 2800 \text{ m}^3/\text{h}$

- Besetzung: 30 Personen $\Rightarrow V_{Almin} = 600 \text{ m}^3/\text{h}$

- $T_{Rist} > T_{RSoll} \Rightarrow$ Kühlen

- $T_{Al} < T_R \Rightarrow$ erforderlicher Außenluftvolumenstrom Lüften

$$V_{AIL} = V_{Zu} = P_R / ((T_{RSoll} - T_{Al}) \cdot c \cdot \varphi) = 6000 / ((22 - 15) \cdot 1,3 \cdot 0,28) = 2354,8 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.6)$$

- $V_{AIL} > V_{Almin}$

$$V_{AIL} < V_{Almax} \Rightarrow V_{Al} = V_{AIL} = 2355 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{Ul} = 0 \text{ m}^3/\text{h}$$

Durch Reduzierung des Umluftanteiles (auf 0) und Erhöhung des Außenluftanteiles (gesamte Zuluft) ist in dem angenommenen Betriebsfall keine Kühlleistung erforderlich.

Der Leistungsbedarf in Abhängigkeit vom Verhältnis Außen-/Zuluftvolumenstrom für diese Beispiele ist in Fig. 3.1 dargestellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung von Außenluft- und Umluftvolumenstrom in einer raumluftechnischen Anlage für die Temperierung eines Raumes, insbesondere in einem Fahrzeug zur Personenbeförderung, wobei Außenluft- und Umluftvolumenstrom einen Zuluftvolumenstrom bilden, bei dem

a. ein Mindestaußenluftvolumenstrom V_{Almin} ermittelt wird, der zugeführt werden muß, um einen Grenzwert der Konzentration eines Schadgases in der Luft des Raumes einzuhalten,

b. der zur Angleichung der Raumlufte Temperatur T_R an eine Solltemperatur T_{RSoll} erforderliche Leistungsbedarf P_R anhand der Istwerte des Zuluftvolumenstroms V_{ZuIst} sowie der Differenz zwischen Raumtemperatur T_{Rist} und Zulufttemperatur T_{ZuIst} ermittelt wird,

c. der zur Erzielung der Solltemperatur durch Zufuhr von Außenluft erforderliche Außenluftvolumenstrom V_{AIL} anhand des Leistungsbedarfs P_R , der Solltemperatur T_{RSoll} und der Außenlufttemperatur T_{Al} ermittelt wird, und

d. wenn der erforderliche Leistungsbedarf ein Heizbedarf ist und die Außenlufttemperatur T_{Al} über der Raumlufte Temperatur liegt, oder

wenn der erforderliche Leistungsbedarf ein Kühlbedarf ist und die Außenlufttemperatur T_{Al} unter der Raumlufte Temperatur liegt,

d1. wenn der erforderliche Außenluftvolumenstrom V_{AIL} kleiner als die maximal mögliche Förderkapazität und größer als der Mindestaußenluftvolumenstrom V_{Almin} ist, dieser erforderliche Außenluftvolumenstrom V_{AIL} zugeführt wird, und daß

- d2. wenn der erforderliche Außenluftvolumenstrom V_{AIL} kleiner als der Mindestaußenluftvolumenstrom ist, zumindest der Mindestaußenluftvolumenstrom zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenn der erforderliche Leistungsbedarf ein Heizbedarf ist und die Außenlufttemperatur T_{AI} über der Raumlufitemperatur T_R liegt;
- d3. wenn der erforderliche Außenluftvolumenstrom V_{AIL} größer als die maximale Förderkapazität der Anlage ist, der maximal mögliche Außenluftvolumenstrom V_{AIL} , V_{AIMax} zugeführt und die Zuluft beheizt wird. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenn der erforderliche Leistungsbedarf ein Kühlbedarf ist und die Außenlufttemperatur T_{AI} unter der Raumlufitemperatur liegt,
- d4. wenn der erforderliche Außenluftvolumenstrom V_{AIL} größer als die maximale Förderkapazität der Anlage ist der maximal mögliche Außenluftvolumenstrom V_{AIL} , V_{AIMax} geführt und die Zuluft gekühlt wird. 10
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Leistungsbedarf anhand der Formel

$$P_R = c\phi V_{Zulst}(T_{Rlst} - T_{Zulst})$$

berechnet wird, wobei c die spezifische Wärme und ϕ die Dichte der Zuluft, V_{Zulst} den Zuluftvolumenstrom, T_{Rlst} die Raumlufitemperatur und T_{Zulst} die Zulufttemperatur bezeichnen. 15

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erforderliche Außenluftvolumenstrom V_{AIL} nach der Gleichung

$$V_{AIL} = P_R / ((T_{RSoll} - T_{AI})c\phi)$$

berechnet wird, wobei c die spezifische Wärme und ϕ die Dichte der Zuluft, T_{RSoll} die Soll-Raumlufitemperatur und T_{AI} die Außenlufttemperatur bezeichnen.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mindestaußenluftvolumenstrom V_{AIMin} anhand der Zahl von Personen im Raum festgelegt wird. 25
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Raum ein Raum eines Fahrzeugs zur Personenbeförderung ist, und daß die Zahl der Personen anhand der Federbelastung des Fahrzeugs ermittelt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Mindestaußenluftvolumenstrom V_{AIMin} anhand des gemessenen CO_2 -Gehalts der Raumlufitemperatur festgelegt wird. 30

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

Figur 1 Schema und Definitionen

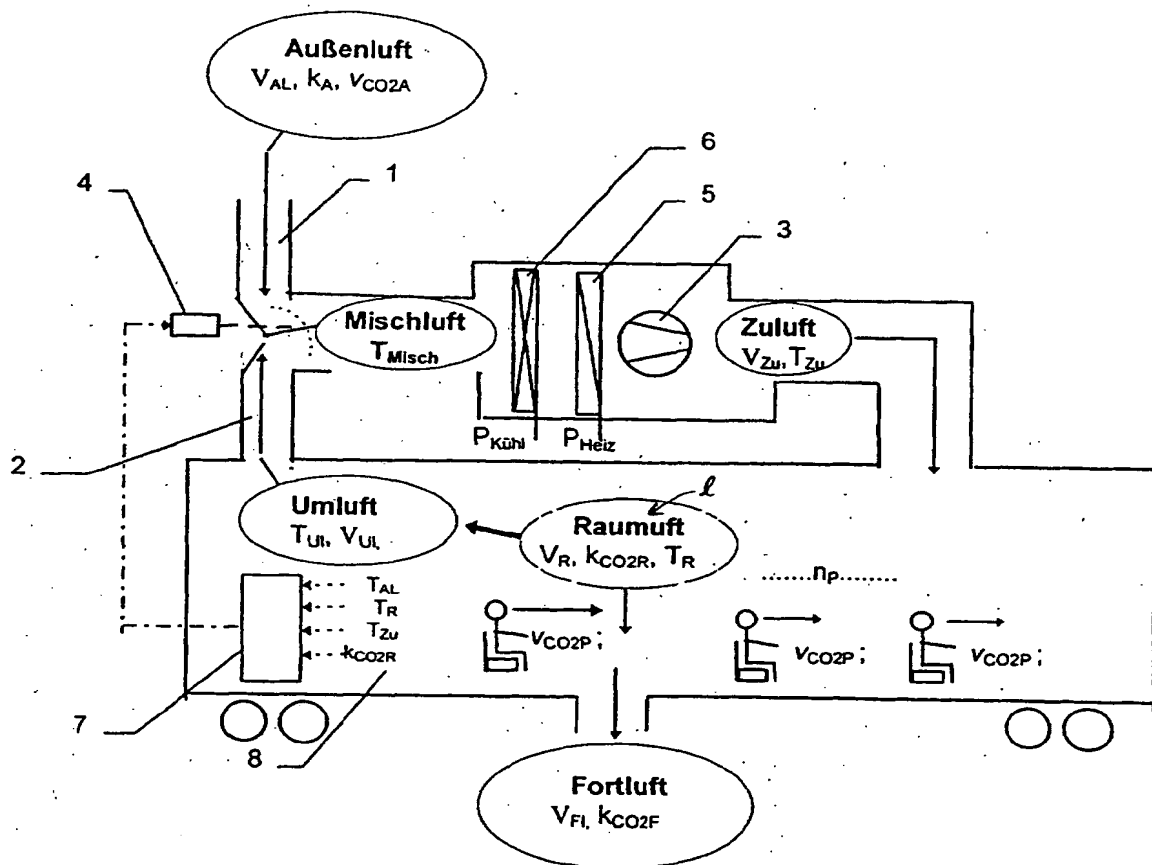
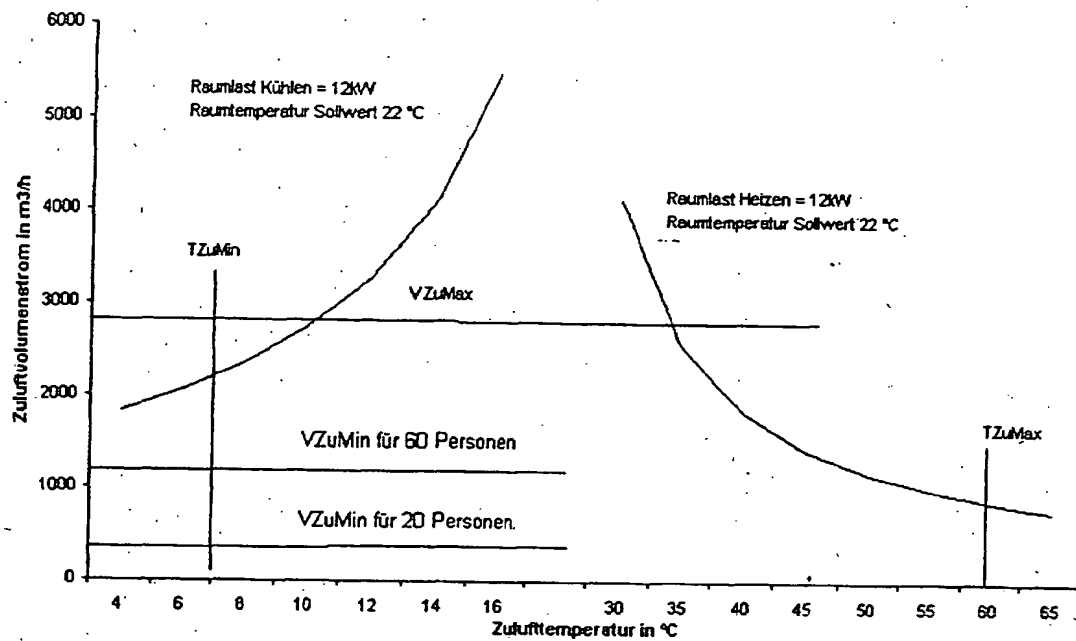
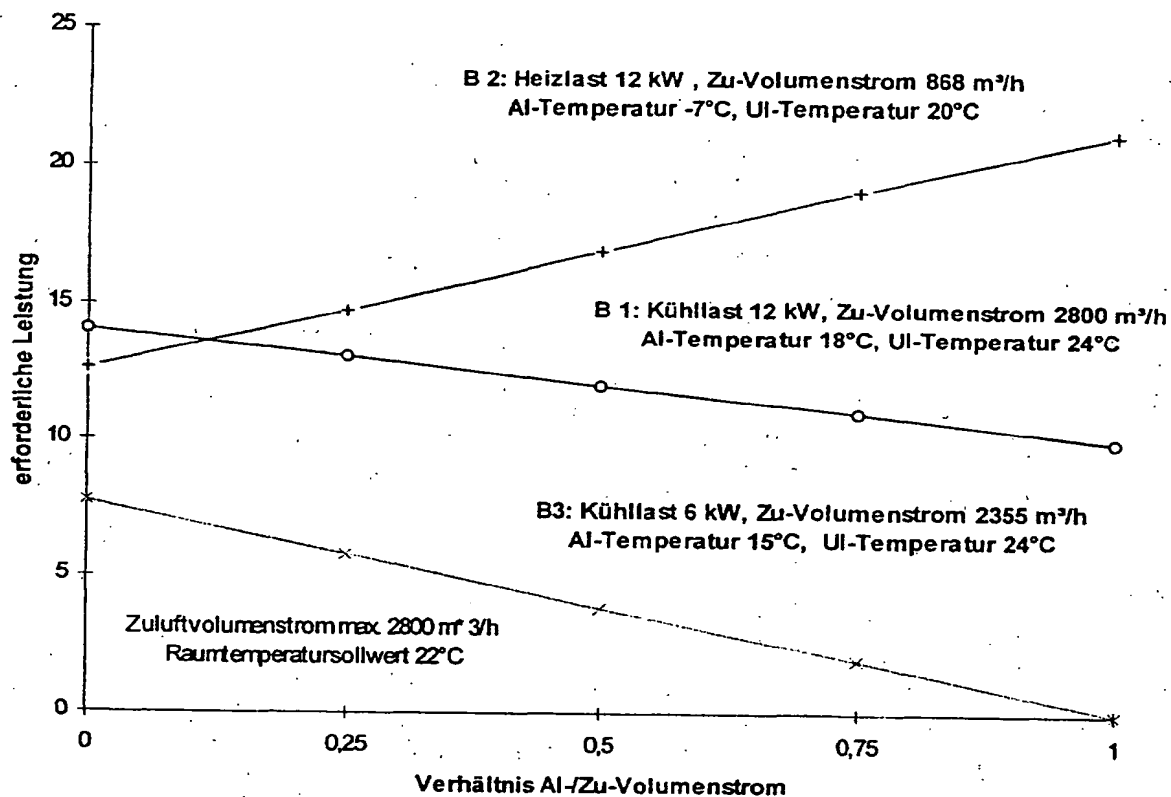
Luftbehandlung

Fig. 2: Zuluftvolumenstrom als Funktion der Zulufttemperatur



Figur 3.1: erforderliche Leistung als Funktion des Verhältnisses
 $\frac{A_l}{Z_l}$ -Volumenstrom



Figur 3.2: erforderliche thermische Leistung als Funktion von Außentemperatur und Raumlast

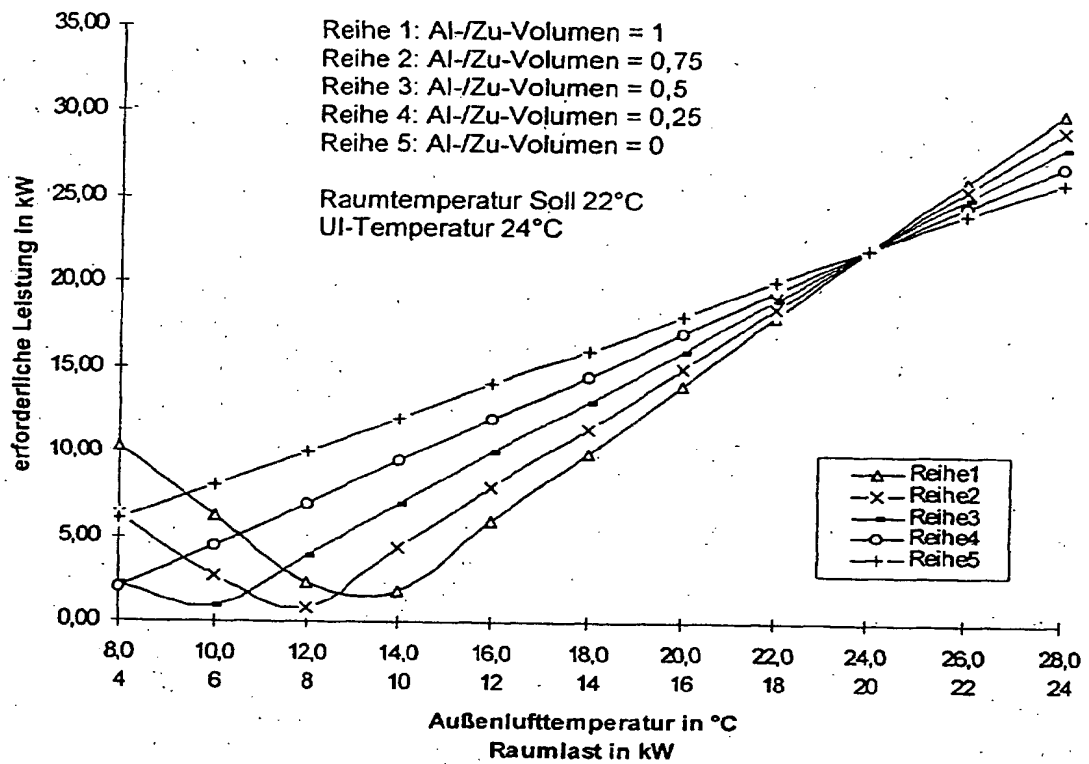


Fig. 4: Programmablaufplan für Steuerung Luftvolumenströme

